

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013132578 **Image available**

WPI Acc No: 2000-304449/200027

XRPX Acc No: N00-227514

Magneto-resistive sensor element for measurement of external magnetic field angle, especially in automotive applications, has device for generating varying magnetic reference field in a reference magnetic layer

Patent Assignee: BOSCH GMBH ROBERT (BOSC)

Inventor: FREITAG M; JOST F; KITTEL H; MARX K

Number of Countries: 023 Number of Patents: 008

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19843348	A1	20000323	DE 1043348	A	19980922	200027 B
WO 200017667	A1	20000330	WO 99DE1631	A	19990602	200027
AU 9951516	A	20000410	AU 9951516	A	19990602	200035
EP 1046047	A1	20001025	EP 99936399	A	19990602	200055
			WO 99DE1631	A	19990602	
KR 2001032267	A	20010416	KR 2000705473	A	20000519	200163
TW 440704	A	20010616	TW 99109404	A	19990607	200203
US 6373247	B1	20020416	WO 99DE1631	A	19990602	200232
			US 2000530699	A	20000403	
JP 2002525610	W	20020813	WO 99DE1631	A	19990602	200267
			JP 2000571277	A	19990602	

Priority Applications (No Type Date): DE 1043348 A 19980922

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

DE 19843348 A1 8 G01R-033/09

WO 200017667 A1 G G01R-033/09

Designated States (National): AU JP KR US

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU

MC NL PT SE

AU 9951516 A G01R-033/09 Based on patent WO 200017667

EP 1046047 A1 G G01R-033/09 Based on patent WO 200017667

Designated States (Regional): DE FR GB IT

KR 2001032267 A G01R-033/09

TW 440704 A G01R-033/00

US 6373247 B1 G01B-007/14 Based on patent WO 200017667

JP 2002525610 W 19 G01R-033/09 Based on patent WO 200017667

Abstract (Basic): DE 19843348 A1

NOVELTY - Element comprises a reference magnetic layer (3), with a second non-magnetic layer superposed on top. A third magnetic layer (1) can be influenced by an external magnetic field in such a way that it can be used to measure external field angle. A device (5) provided produces varying reference magnetic field in the layer (3) that is independent of the external magnetic field.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is made for a process for use of the magnetic sensor element. Reference varying magnetic field is applied by device (5) to the reference magnetic layer. For every reference direction a sensor signal is produced dependent on the angle between the reference signal and the applied external magnetic field from the external field direction can be determined.

USE - For use in automotive industry for regulation of driving

dynamics, camshaft signal generators, etc.

ADVANTAGE - Provides a more economic means of measuring external magnetic angle.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - Figure shows a section through a sensor element

outer magnetic field layer influenced by external magnetic field

(1)

non-magnetic layer (2)

reference magnetic layer (3)

means for generating varying reference magnetic field (5)

pp; 8 DwgNo 1/8

Title Terms: MAGNETO; RESISTOR; SENSE; ELEMENT; MEASURE; EXTERNAL; MAGNETIC
; FIELD; ANGLE; AUTOMOTIVE; APPLY; DEVICE; GENERATE; VARY; MAGNETIC;
REFERENCE; FIELD; REFERENCE; MAGNETIC; LAYER

Derwent Class: S01; S02; X22

International Patent Class (Main): G01B-007/14; G01R-033/00; G01R-033/09

International Patent Class (Additional): G01B-007/30; G01R-033/02;

G11B-005/39; H01F-010/08; H01L-043/08

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): S01-E01B1; S02-A02F; S02-K03A5A; X22-A05X

?



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 198 43 348 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 01 R 33/09
G 01 B 7/30
// G 01 B 101:10

②1 Aktenzeichen: 198 43 348.4
②2 Anmeldetag: 22. 9. 1998
④3 Offenlegungstag: 23. 3. 2000

DE 198 43 348 A 1

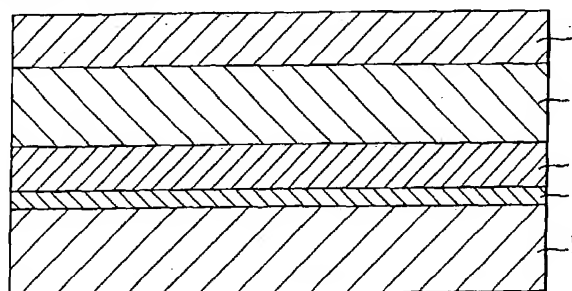
⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Marx, Klaus, Dr., 70563 Stuttgart, DE; Kittel,
Hartmut, Dr., 71287 Weissach, DE; Jost, Franz, Dr.,
70565 Stuttgart, DE; Freitag, Martin, Dr., 70839
Gerlingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Magnetoresistives Sensorelement, insbesondere Winkelsensorelement

⑤7 Magnetoresistives Sensorelement, insbesondere Winkelsensorelement, mit einer ersten, magnetischen Schicht (3), deren Magnetisierungsrichtung eine Referenzrichtung darstellt, einer auf der ersten Schicht (3) ausgebildeten zweiten, nicht-magnetischen Schicht (2) und einer dritten, auf der zweiten Schicht (2) ausgebildeten magnetischen Schicht (1), deren Magnetisierungsrichtung durch ein äußeres Magnetfeld beeinflussbar ist, mit Mitteln (5) zur wahlweisen Ausrichtung der Magnetisierungsrichtung der ersten Schicht (3) zur Schaffung unterschiedlicher Referenzrichtungen.



DE 198 43 348 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein magnetoresistives Sensorelement, insbesondere ein Winkelsensorelement, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Bestimmung einer Richtung eines Magnetfeldes nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 6.

Sensoren, insbesondere Winkelsensoren, die auf der Grundlage des magnetoresistiven Effektes arbeiten, sind bekannt. Hierbei wird der elektrische Widerstand von Sensorelementen in Abhängigkeit von der Richtung eines äußeren Magnetfeldes gemessen. Verwendung finden insbesondere den anisotropen magnetoresistiven Effekt ausnutzende, sogenannte AMR-Sensoren. Es sind ebenfalls Systeme beschrieben worden, bei welchen sogenannte GMR-Sensorelemente (engl. Giant-Magneto-Resistance-Effect), insbesondere unter Verwendung von selbststabilisierenden magnetischen Schichten, eingesetzt werden (van den Berg et. al., GMR angle detector with an artificial antiferromagnetic subsystem, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 165 (1997) 524-528). Hierbei wird eine erste dünne, sogenannte Referenzschicht dadurch erzeugt, daß zwischen zwei entgegengesetzt magnetisierten Lagen (beispielsweise aus Co) eine antiferromagnetische Kopplungsschicht (beispielsweise aus Cu oder Ru) eingebracht wird. Die magnetische Stabilität der Referenzschicht ist durch diesen Mehrschicht-Aufbau gegenüber einzelnen Co-Schichten um etwa eine Größenordnung erhöht. Die Magnetisierungsrichtung der Referenzschicht, die sogenannte Referenzrichtung, hängt (im Idealfall) nicht von der Richtung des äußeren (zu messenden) Magnetfeldes ab.

Die Referenzschicht ist mit einer dünnen nicht-magnetischen Schicht abgedeckt, auf der wiederum eine dünne weichmagnetische Schicht, die sogenannte Detektionsschicht, ausgebildet ist. Die Detektionsschicht richtet ihre Magnetisierung in Richtung eines äußeren Magnetfeldes aus. Aus der Theorie des magnetoresistiven Effektes ist bekannt, daß ein Sensorsignal einer Funktion $R(\alpha) = R_0 + \Delta R \cdot \sin(\alpha)$ bzw. $R(\alpha) = R_0 + \Delta R \cdot \cos(\alpha)$ folgt, wobei R_0 ein Offsetwiderstand, ΔR ein Signalhub des Sensors und α der zu messende Winkel zwischen einer ausgezeichneten Sensorrichtung (insbesondere der Referenzrichtung) und der Richtung des äußeren Magnetfeldes ist.

Derartige AMR- bzw. GMR-Sensoren sind nur mit großem Aufwand als 360°-Winkelsensoren verwendbar. Insbesondere ist es zur Erzielung von ausreichend genauen Meßergebnissen notwendig, wenigstens zwei Sensorelemente zu verschalten, deren jeweilige Sensorsignale rechnerisch verknüpft werden müssen. Bei Verwendung von GMR-Werkstoffen stellt man ferner eine Zerstörung der Sensorfunktion im Falle zu starker Magnetfelder fest.

Es sind ferner auf Hall-Basis arbeitende Winkelsensorelemente bekannt, welche jedoch üblicherweise nur einen Winkelbereich von 120° abdecken können.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Schaffung eines Sensors, insbesondere eines Winkelsensors, mit dem der Bereitstellungsaufwand bzw. der Meßaufwand während des Betriebes gegenüber herkömmlichen Sensoren vermindert werden kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Sensorelement mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch ein Verfahren zur Bestimmung der Richtung eines Magnetfeldes mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6.

Erfindungsgemäß ist nun ein Sensorelement bzw. ein Sensor geschaffen, welcher gegenüber herkömmlichen Vorrichtungen dieser Art einen wesentlich einfacheren und kostengünstiger zu realisierenden Aufbau aufweist. Ein Zusammenschalten einer Anzahl von Sensorelementen ist nun

nicht mehr nötig, ein zu messender Winkel kann in einfacher Weise mit nur einem Sensorelement ermittelt werden. Somit entfällt auch ein kostenintensives Aufbringen mehrerer Sensorelemente auf ein Substrat. Offset und Empfindlichkeit des Sensorelements sind verbessert, da kein Abgleich unterschiedlicher Sensorelemente durchgeführt werden muß.

Bevorzugte Einsatzgebiete für das erfindungsgemäße Sensorelement sind Lenkradwinkelgeber für die Fahrdynamikregelung von Kraftfahrzeugen, Nockenwellensignalgeber, beispielsweise zur Steuerung eines Motor-Direktstarts, DVE-Drosselverstelleinheiten oder Schiebedachregler.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Sensorelements bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Es ist besonders bevorzugt, daß die unterschiedlichen Referenzrichtungen um 90° gegeneinander versetzt sind. Mit dieser Maßnahme lassen sich beispielsweise in einfacher Weise linear unabhängige, insbesondere dem Sinus und Cosinus der Drehrichtung des äußeren Magnetfeldes zugeordnete Signale erzeugen. Unter Verwendung beispielsweise der Arctan-Funktion läßt sich dann in bekannter Weise mit geringem Aufwand die Drehrichtung bzw. der Winkel des äußeren Magnetfeldes bezüglich einer ausgezeichneten Richtung, beispielsweise einer der zwei Referenzrichtungen, bestimmen.

Zweckmäßigerweise werden die Mittel zur wahlweisen Ausrichtung der Magnetisierungsrichtung von einem Stromleiter gebildet, der von der ersten Schicht mittels einer Isolatorschicht galvanisch getrennt und zur Stromführung in unterschiedlichen Richtungen, insbesondere um 90° zueinander versetzten Richtungen, ausgebildet ist. Mit einem derartigen sogenannten Biasstrom ist die wahlweise Ausrichtung der Magnetisierungsrichtung in einfacher und zuverlässiger Weise erzielbar. Insbesondere mittels Regelung der Stromstärke des Biasstroms ist eine Anpassung der Sensorgenaugkeit an die magnetische Umgebung möglich. Es treten keine thermischen Drifts in dem Sensorelement auf, da der Biasstrom in der Zeit konstant ist bzw. in einfacher Weise konstant regelbar ist. Da zur Schaffung der Referenzmagnetisierung kein hartmagnetisches Material verwendet werden muß, tritt erfindungsgemäß im Falle starker Magnetfelder keine Beeinträchtigung oder Zerstörung der Sensorfunktion auf. Derartige Sensorelemente weisen einen weiten Temperatur-Einsatzbereich auf und sind insbesondere für Kraftfahrzeuge einsetzbar.

Zweckmäßigerweise ist die erste Schicht aus einem weichmagnetischen Werkstoff hergestellt. Derartige Werkstoffe sind preiswert verfügbar und mittels eines stromleiterinduzierten Magnetfeldes (Biasstrom) magnetisierbar.

Vorteilhafterweise ist auch die dritte Schicht, die Detektionsschicht des Sensorelements, aus einem weichmagnetischen Werkstoff hergestellt. Hiermit ist eine genaue und verzögerungsfreie Anpassung der Magnetisierungsrichtung der Detektionsschicht an die Richtung des äußeren Magnetfeldes erzielbar.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens handelt es sich bei einem der Sensorsignale um ein dem Sinus des Winkels zwischen der ersten Referenzrichtung und der Magnetisierungsrichtung der dritten Schicht zugeordnetes, und bei einem weiteren der Sensorsignale um ein dem Cosinus des Winkels zwischen der zweiten Referenzrichtung und der Magnetisierungsrichtung der dritten Schicht zugeordnetes Signal. Derartige Signale sind, insbesondere unter Verwendung der Arctan-Funktion, in einfacher Weise auswertbar.

Die Erfindung wird nun anhand einer bevorzugten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung im einzelnen erläutert. In dieser zeigt

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht des Schichtaufbaus einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Sensorelements,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht der oberen drei Schichten des Sensorelements der Fig. 1 mit eingezeichneten Magnetisierungsrichtungen (erste Referenzrichtung),

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht der oberen drei Schichten des Sensorelements der Fig. 1 mit eingezeichneten Magnetisierungsrichtungen (zweite Referenzrichtung),

Fig. 4 den Verlauf des Sensorsignals bei Vorliegen der ersten Referenzrichtung,

Fig. 5 den Verlauf des Sensorsignals bei Vorliegen der zweiten Referenzrichtung,

Fig. 6 eine Draufsicht auf die eine bevorzugte Ausführungsform der Stromleiterschicht des erfindungsgemäßen Sensorelements (ohne die darüberliegenden Schichten),

Fig. 7 ein Diagramm zur Erläuterung der Strombeaufschlagung der Stromleiterschicht der Fig. 6, und

Fig. 8 eine perspektivische Ansicht einer bevorzugten Anwendung des erfindungsgemäßen Sensorelements.

In Fig. 1 ist ein bevorzugter Schichtaufbau eines erfindungsgemäßen Sensorelements schematisch dargestellt. Das Sensorelement weist eine dünne magnetische, vorzugsweise weichmagnetische, Schicht 3 (Referenzschicht 3) auf. Die Magnetisierungsrichtung dieser Referenzschicht 3 stellt die Referenzrichtung des Sensorelements dar. Auf die Referenzschicht 3 ist eine dünne, nichtmagnetische Leiterschicht 2 aufgebracht, auf welcher eine weitere vorzugsweise weichmagnetische Schicht 1 (Detektionsschicht) ausgebildet ist. Die Magnetisierungsrichtung dieser Detektionsschicht 1 ist abhängig von der Richtung eines (parallel zur Schichtoberfläche orientierten) äußeren Magnetfeldes B, wie weiter unten im einzelnen erläutert wird.

Unter der Referenzschicht 3 ist eine Isolatorschicht 4 ausgebildet, welche die Referenzschicht 3 galvanisch von einer als Stromleiter ausgebildeten Schicht 5 trennt. In Abhängigkeit von der Stromrichtung in der Stromleiterschicht 5 wird in der Referenzschicht 3 ein Magnetfeld induziert, was zu einer entsprechenden Magnetisierung der Referenzschicht 3 führt.

Der Zusammenhang zwischen Stromrichtung in der Schicht 5 und der induzierten Magnetisierung in der Referenzschicht 3 ist in Fig. 6 dargestellt. Fließt ein Strom I_s gemäß der Darstellung der Fig. 6 in waagerechter Richtung wird in der darüber angeordneten, in Fig. 6 nicht dargestellten Referenzschicht 3 eine Magnetisierung entsprechend der durch den Pfeil M_s dargestellten Richtung induziert. Bei einem Stromfluß I_c senkrecht hierzu ergibt sich analog eine Magnetisierung in Richtung des Pfeiles M_c . Der Einfachheit halber werden im folgenden sowohl die Magnetisierungsrichtungen bzw. Richtungen von Magnetfeldern darstellenden Pfeile, als auch die entsprechenden Magnetisierungen bzw. Magnetfelder in gleicher Weise bezeichnet.

Eine bevorzugte Ansteuerung der Stromleiterschicht 5 ist in Fig. 7 dargestellt. Man erkennt, daß die Stromleiterschicht 5 abwechselnd mit den senkrecht zueinander verlaufenden Strömen I_s , I_c beaufschlagt wird.

In Fig. 2 ist die Magnetisierung M_s der Referenzschicht 3 bei Anliegen des Stromes I_s dargestellt. In dieser Darstellung weist Pfeil M_s in die Zeichenebene hinein. Die zu messende Richtung des äußeren Magnetfeldes ist mittels des Pfeiles B dargestellt. Das Magnetfeld B verursacht in der Detektionsschicht 1 eine entsprechende Magnetisierung, deren Richtung durch den Pfeil M_d angedeutet ist. Das Magnetfeld B und die Magnetisierung M_d der Detektionsschicht weisen die gleiche Orientierung auf.

In der Fig. 3 weist der die Magnetisierungsrichtung der Referenzschicht 3 darstellende Pfeil M_c in eine Richtung

parallel zur Zeichenebene. Diese Magnetisierung ist, wie bereits erläutert, verursacht durch den Strom I_c in der Stromleiterschicht 5.

Ein von dem Sensorelement erzeugtes Spannungssignal ist (beispielsweise bei drehendem Magnetfeld B) abhängig von der relativen Orientierung der Magnetisierungen M_s , M_d bzw. M_c , M_d . Für die Referenzschicht-Magnetisierung M_s ist diese Abhängigkeit in Fig. 4, für die Referenzschicht-Magnetisierung M_c in Fig. 5 dargestellt. Zur Veranschaulichung sind in diesen Figuren zusätzlich zu den jeweiligen Winkeln zwischen den Magnetisierungen die Magnetisierung M_d mittels einer großen Pfeilspitze, und die Magnetisierungen M_s bzw. M_c mittels kleiner Pfeilspitzen dargestellt.

In Fig. 4 erkennt man eine sinusförmige Abhängigkeit des Sensorsignals von dem Winkel zwischen den Magnetisierungen M_d und M_s , in Fig. 5 entsprechend eine cosinusförmige Abhängigkeit zwischen den Magnetisierungen M_d und M_c .

Insgesamt erhält man also für jeden Winkel zwischen dem äußeren Magnetfeld B (bzw. der Richtung der Magnetisierung M_d der Detektorschicht 1) und dem Sensorelement ein vom Sinus und ein vom Cosinus dieses Winkels abhängiges Signal. Mit diesen zwei Signalen läßt sich unter Zuhilfenahme der Arcustangens-Funktion der tatsächliche bzw. mechanische Winkel zwischen dem äußeren Magnetfeld B und einer beliebigen ausgezeichneten Richtung, beispielsweise einer der zwei Referenzrichtungen der Referenzschicht 3, bestimmen. Bei herkömmlichen Sensoren war es notwendig, für das Sinussignal und das Cosinussignal jeweils verschiedene, unterschiedlich orientierte Sensorelemente vorzusehen.

Anhand der Fig. 8 wird abschließend ein bevorzugtes Anwendungsbeispiel für das erfindungsgemäße Sensorelement dargestellt. Eine in einem Ansaugrohr 30 eines Verbrennungsmotors vorgesehene Drosselklappe 31 weist an einer außerhalb des Ansaugrohres ausgebildeten Verlängerung einen Magneten 32 auf, welcher entsprechend seiner von der Stellung der Drosselklappe abhängigen Orientierung ein Magnetfeld B erzeugt. In dem Einflüßbereich dieses Magnetfeldes B ist ein schematisch dargestelltes (stark vergrößertes) GMR-Sensorelement 33 angeordnet, welches einen Aufbau und eine Funktionsweise wie oben dargestellt aufweist. Das Magnetfeld B ist parallel zu der Oberfläche des Sensorelements 33 (bzw. zu dessen nicht dargestellter Detektionsschicht) ausgerichtet. Mittels lediglich dieses einen Sensorelements ist in der beschriebenen Weise der Drosselklappenwinkel der Drosselklappe 31 in einfacher Weise bestimmbar.

Patentansprüche

1. Magnetoresistives Sensorelement, insbesondere Winkelsensorelement, mit einer ersten, magnetischen Schicht (3), deren Magnetisierungsrichtung eine Referenzrichtung darstellt, einer auf der ersten Schicht (3) ausgebildeten zweiten, nichtmagnetischen Schicht (2), und einer dritten, auf der zweiten Schicht (2) ausgebildeten magnetischen Schicht (1), deren Magnetisierungsrichtung durch ein äußeres Magnetfeld beeinflussbar ist, gekennzeichnet durch Mittel (5) zur wahlweisen Ausrichtung der Magnetisierungsrichtung der ersten Schicht (3) zur Schaffung unterschiedlicher Referenzrichtungen.
2. Sensorelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen Referenzrichtungen um 90° gegeneinander versetzt sind.
3. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (5) von einem Stromleiter gebildet werden, der von der ersten Schicht (3) mittels einer Isolatorschicht (4) galvanisch getrennt und zur Stromführung in unterschiedlichen Richtungen, insbesondere um 90° zueinander versetzten Richtungen, ausgebildet ist

4. Sensorelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Schicht (3) aus einem weichmagnetischen Werkstoff hergestellt ist.

5. Sensorelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Schicht (1) aus einem weichmagnetischen Werkstoff hergestellt ist.

6. Verfahren zur Bestimmung einer Richtung eines Magnetfeldes unter Verwendung eines Sensorelements nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Mittel (5) abwechselnd unterschiedliche Referenzrichtungen in der ersten Schicht (3) des Sensorelements erzeugt werden, wobei für jede Referenzrichtung ein Sensorsignal in Abhängigkeit von einem Winkel zwischen der jeweiligen Referenzrichtung und einer durch das Magnetfeld induzierten Magnetisierungsrichtung der dritten Schicht (1) des Sensorelements ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei einem der Sensorsignale um ein dem Sinus des Winkels zwischen der ersten Referenzrichtung und der Magnetisierungsrichtung der dritten Schicht (1) zugeordnetes, und bei einem weiteren der Sensorsignale um ein dem Cosinus des Winkels zwischen der zweiten Referenzrichtung und der Magnetisierungsrichtung der dritten Schicht (1) zugeordnetes Signal handelt.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

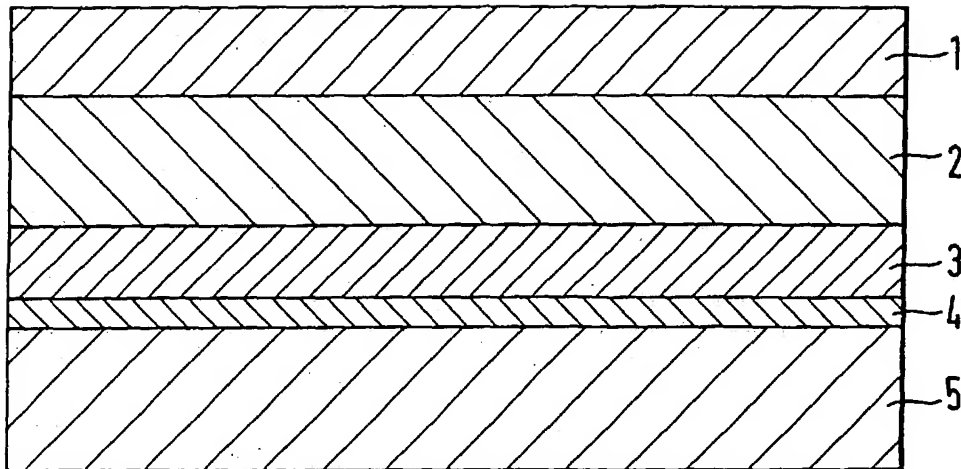
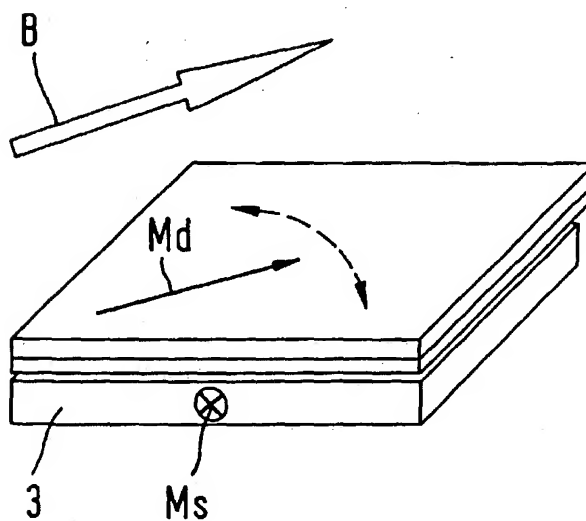


FIG. 2



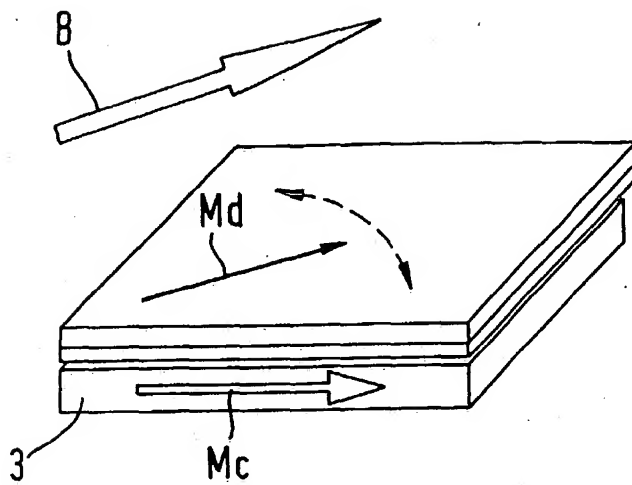


FIG. 3

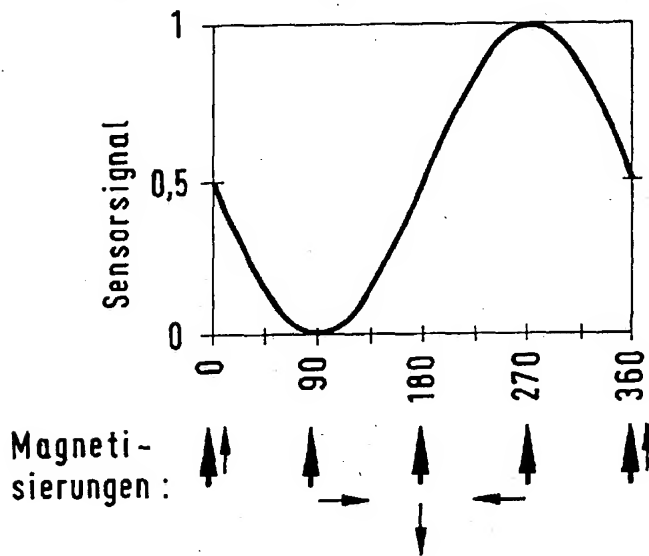


FIG. 4

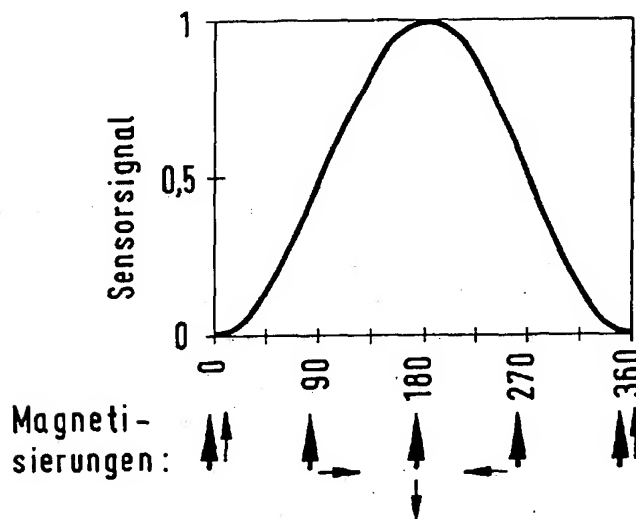


FIG. 5

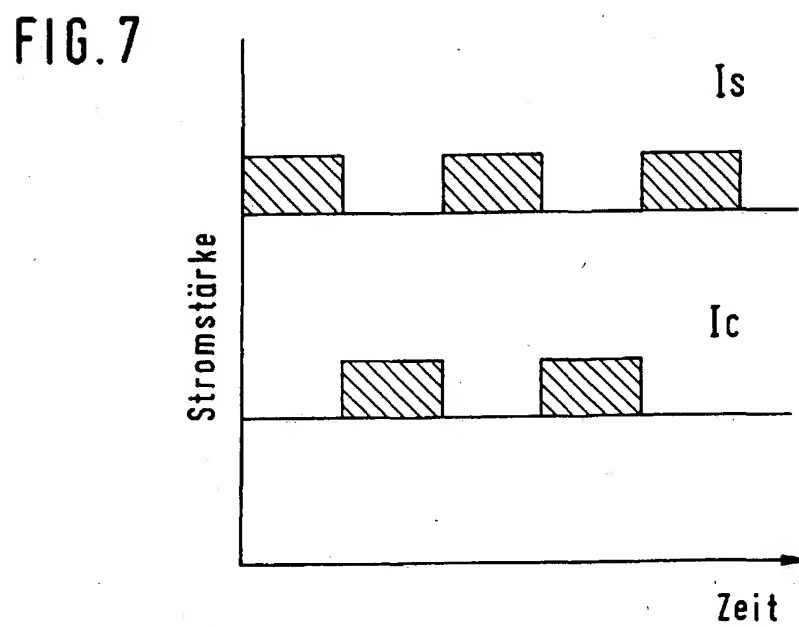
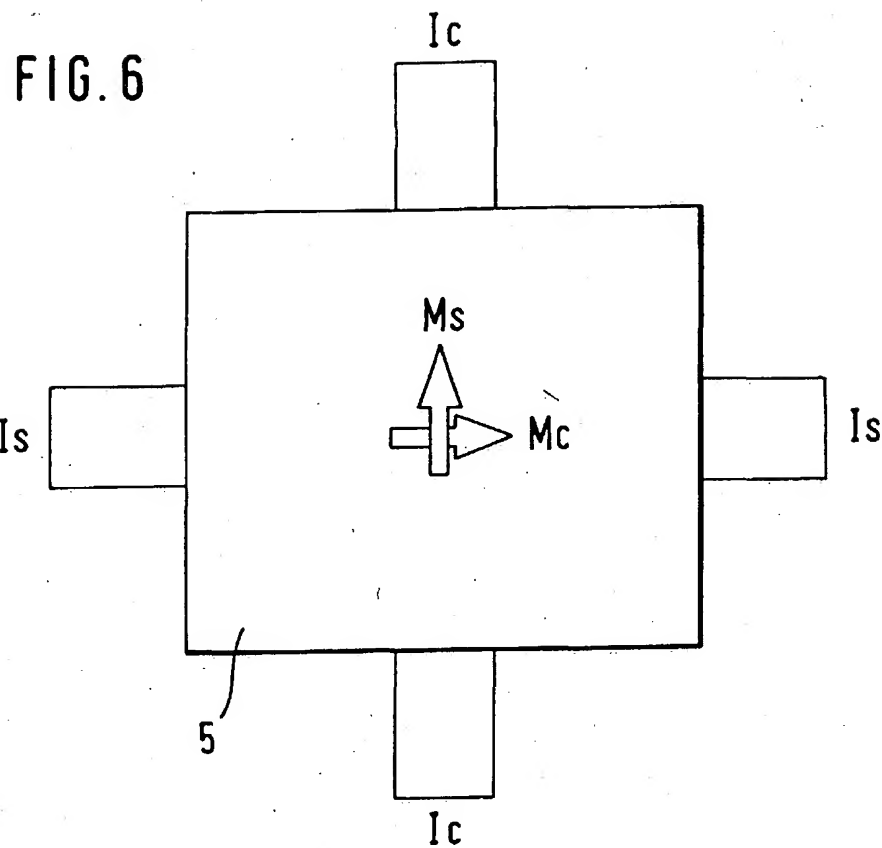


FIG. 8

